

MR 多模态成像在直肠癌 TN 分期及手术方式选择中的应用

曲雪廷^{1,2} 李志明³ 张亮³ 姜和南³ 王国华²

(1 青岛大学医学部, 山东 青岛 266073; 2 青岛市市立医院放射科; 3 青岛大学附属医院放射科)

[摘要] 目的 探讨 MR 多模态成像在直肠癌 TN 分期及手术方式选择中的应用价值。方法 回顾性分析我院 2020 年 1 月—2022 年 5 月 396 例直肠癌患者的 MR 征象, 以此进行术前 TN 分期并模拟制定手术方式, 分析手术前后 TN 分期的准确性, 并比较拟定手术方式与实际手术方式的一致性。结果 MR 多模态成像辅助术前拟定直肠癌 T 分期的符合率为 90.15%, 与术后病理结果的一致性较高($K=0.82, P<0.01$), 且对于 T2~T4 分期的诊断准确率较高; N 分期的符合率为 71.46%, 与术后病理结果的一致性适中($K=0.53, P<0.01$)。MR 多模态成像辅助拟定手术方式的符合率为 89.14%, 与实际术式一致性较高($K=0.79, P<0.01$), 且对于直肠癌各种术式拟定的准确率均较高。结论 MR 多模态成像对直肠癌的术前 TN 分期以及手术方式的制定有较高的临床价值。

[关键词] 直肠肿瘤; 磁共振成像; 多模态成像; 肿瘤分期; 外科手术

[中图分类号] R735.37 **[文献标志码]** A

Value of multimodal magnetic resonance imaging for TN staging and surgical decision making in rectal cancer QU Xueting, LI Zhiming, ZHANG Liang, LOU Henan, WANG Guohua (Faculty of Medicine, Qingdao University, Qingdao 266073, China)

[ABSTRACT] **Objective** To investigate the application value of multimodal magnetic resonance imaging (MRI) for TN staging and surgical decision making in rectal cancer. **Methods** We retrospectively analyzed the MRI features of 396 patients with rectal cancer treated in our hospital from January 2020 to May 2022 for preoperative TN staging and decision-making on surgical approaches. We analyzed the accuracy of TN staging assisted by multimodal MRI as well as the consistency between multimodal MRI-informed surgical decisions and actual surgical decisions. **Results** The coincidence rate of preoperative T staging of rectal cancer assisted by multimodal MRI was 90.15%, with high agreement with postoperative pathological results ($K=0.82, P<0.01$), and the diagnostic accuracy rates for T2 to T4 stages were high. The coincidence rate of N staging was 71.46%, with moderate agreement with postoperative pathological results ($K=0.53, P<0.01$). Surgical options selected with the assistance of multimodal MRI were 89.14% consistent with actual surgical decisions, indicating high agreement between the two ($K=0.79, P<0.01$), and the accuracy rates with multimodal MRI were high for all surgical approaches. **Conclusion** Multimodal MRI has great clinical value for preoperative TN staging of rectal cancer and surgical decision making.

[KEY WORDS] Rectal neoplasms; Magnetic resonance imaging; Multimodal imaging; Neoplasm staging; Surgical procedures, operative

直肠癌在全世界人群中发病率高, 直肠癌术前分期和淋巴结转移情况在判断患者无病生存期和确定适当辅助及新辅助治疗中起着关键作用^[1-2]。目前直肠癌的最主要治疗方式仍是手术切除, 但不同手术方式患者术后的并发症、预后及生活质量不尽相同^[3]。MR 成像是判断直肠癌患者局部分期的主要方法。研究表明 MR 平扫及增强扫描对直肠癌 TN 分期及拟定手术方式具有一定价值^[4-5], MR 平扫有助于评估直肠系膜及系膜筋膜侵犯的情况, MR 增强扫描有助于鉴别 T2 与 T3 期直肠癌, MR 平扫与增强扫描各有优势。MR 多模态成像包括

T₁ 加权成像、T₂ 加权成像、弥散加权成像 (DWI)、MR 增强成像等, 可提供更全面、更准确的诊断信息。目前鲜有依据 MR 多模态成像结果拟定直肠癌患者手术方式的研究。本研究收集我院直肠癌患者术前 MR 多模态成像结果, 探究其在判断直肠癌术前 TN 分期及拟定手术方式方面的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取我院 2020 年 1 月—2022 年 5 月经肠镜活检确诊的直肠癌患者 396 例。患者纳入标准: ①所有患者均行手术治疗; ②术前 1 周内行 MR 多模态成像; ③肿瘤下缘距肛缘距离 < 15 cm。排除标准: ①进行术前放疗、免疫治疗等术前辅助治疗的患

[收稿日期] 2024-01-27; **[修订日期]** 2024-03-05

[基金项目] 青岛大学附属医院临床医学+X 项目 (QDFY+X202101017)

[通讯作者] 王国华, Email: wangguohua89@163.com

者;②合并其他恶性肿瘤患者;③图像质量不佳患者。患者中男 246 例,女 150 例;年龄 31~90 岁,中位年龄 64 岁。

1.2 指标收集

收集指标包括患者实际手术方式、MR 影像资料、肿瘤下缘距离肛缘距离(判断低、中、高位直肠癌)^[6]、术前 TN 分期^[7-8]及术后病理结果。所有 MR 影像由一位 6 年资腹部 MR 诊断经验的主治医师及一位 8 年资腹部 MR 诊断经验的副主任医师独立阅片,如有分歧经协商达成一致意见。根据术前 MR 多模态成像结果拟定手术方式,手术方式拟定标准参照杨澎等^[9]的研究。

以术后病理 TN 分期为金标准,计算术前 TN 分期的符合率,计算公式:符合率_{分期} = 术前正确分期例数/总例数 × 100%。以实际手术方式为金标准,计算拟定术式与实际术式的符合率,计算公式:符合率_{术式} = 正确拟定术式例数/总例数 × 100%。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 19.0 对数据进行统计学分析。使用灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率及约登指数对 MR 多模态成像辅助术前 TN 分期及拟定术式的诊断效能进行评价,采用 Kappa 系数进行一致性评价。以 $P < 0.05$ 为差异有显著性。

2 结果

2.1 MR 多模态成像辅助 TN 分期的符合率及诊断效能分析

396 例患者中,357 例术前 T 分期与术后病理结果相符,39 例不符,MR 多模态成像的 T 分期诊断符合率为 90.15%,与术后病理结果一致性较高 ($K = 0.82, P < 0.01$)。在 357 例 T 分期一致的患者中,有 34 例实际为 T2 期的患者在仅采用 MR 平扫时被误判为 T3 期,这些误判通过综合 MR 多模态成像技术的进一步评估得到了纠正。283 例患者术前 N 分期与术后病理结果一致,113 例不一致,MR 多模态成像的 N 分期诊断的符合率为 71.46%,与术后病理结果一致性适中 ($K = 0.53, P < 0.01$)。MR 多模态成像辅助 TN 分期的诊断效能中,T2~T4 分期约登指数均 > 0.8 ,诊断准确率 $> 90%$,诊断效能较高;而 T1 分期和 N 分期的准确性一般。见表 1。

2.2 MR 多模态成像辅助拟定术式的符合率及诊断效能分析

396 例患者中,低位直肠癌 90 例,中位直肠癌

195 例,高位直肠癌 111 例。患者拟定术式与实际术式符合者 353 例,不符者 43 例,MR 多模态成像辅助拟定术式的符合率为 89.14%,与实际术式一致性较高 ($K = 0.79, P < 0.01$)。其中有 241 例行低位直肠前切除(LAR)术;69 例行经腹会阴联合切除(APR)术;32 例行 Hartmann 术;11 例行经肛直肠病损切除术,包括经肛门微创手术(TAMIS)8 例,经肛门内镜显微外科手术(TEM)3 例。MR 多模态成像辅助拟定术式的诊断效能中,LAR 术、APR 术和 Hartmann 术三种术式的灵敏度、特异度均较高,约登指数 > 0.8 ,准确率 $> 90%$;经肛直肠病损切除术的灵敏度虽稍低,但特异度达到了 100%,准确率为 99.24%;四种拟定术式的诊断效能均较高。详见表 2。

表 1 MR 多模态成像辅助 TN 分期的诊断效能分析

TN 分期	灵敏度 (X/%)	特异度 (X/%)	阳性预测值(X/%)	阴性预测值(X/%)	准确率 (X/%)	约登指数
T1	62.96	99.73	94.44	97.35	97.22	0.63
T2	85.87	95.07	84.04	95.70	92.93	0.81
T3	95.18	88.44	93.31	91.55	92.68	0.84
T4	85.71	98.37	80.00	98.91	97.47	0.84
N0	80.84	80.77	83.17	78.19	80.81	0.62
N1	58.93	81.34	55.46	83.39	75.00	0.40
N2	62.86	92.33	63.77	92.05	87.12	0.55

表 2 MR 多模态成像辅助拟定术式的诊断效能分析

拟定术式	灵敏度 (X/%)	特异度 (X/%)	阳性预测值(X/%)	阴性预测值(X/%)	准确率 (X/%)	约登指数
LAR 术	92.34	89.63	94.51	85.82	91.41	0.82
APR 术	88.46	95.28	82.14	97.12	96.94	0.84
Hartmann 术	84.21	96.09	69.57	98.29	94.95	0.80
经肛直肠病损切除术	78.57	100.00	100.00	99.22	99.24	0.79

3 讨论

本研究中依据 MR 多模态成像做出的 T 分期诊断准确率为 90.15%,与病理结果一致性较高,尤其是 T2~T4 期肿瘤诊断的准确效能更高。本研究中 27 例 T1 期肿瘤,其中 9 例误诊为 T2 期,1 例误诊为 T3 期,T1 期肿瘤浸润黏膜层或黏膜下层,T2 期肿瘤浸润固有肌层。本研究 MR 多模态成像辅助诊断 T1 期的特异度达到了 99.73%,但灵敏度为 62.96%,约登指数仅为 0.63,表明采用 MR 多模态成像辅助诊断 T1 期肿瘤仍易误诊,这与一些既往研究结果一致^[1,10];诊断 T2~T4 期的灵敏度及特异度较高,诊断准确率均高于 90%,约登指数也均高于 0.8,表明 MR 多模态成像辅助 T 分期对直肠

癌 T2~T4 期具有较高诊断价值,与既往研究结果相符^[4-5]。本研究中 12 例 T2 期肿瘤过度分期为 T3 期,考虑与肌层内血管导致的肌层信号不连续以及肿瘤周围的炎性增生反应有关^[11];T3 期肿瘤侵犯肠壁全层进入直肠系膜,但不浸润直肠系膜筋膜或邻近器官,其特征是固有肌层不连续,而 MR 多模态成像中包含的 MR 增强扫描可显示直肠肠壁肌层环形强化带是否完整,因而更有助于 T2、T3 期肿瘤的鉴别。

另外,MR 多模态成像做出的 N 分期诊断准确率为 71.46%,与术后病理分期存在中等一致性,与既往研究结果相类似^[12-13],该结果较单纯 MR 平扫(67.3%)或 MR 增强扫描(38.9%)诊断准确率均有所提高^[4-5]。目前,采用影像学技术在直肠癌术前准确评估 N 分期仍较为困难,有研究表明在 MR 检查中使用基于大小、形状、边界和信号强度特征的形态学标准可以提高诊断的准确率^[14-15]。转移性淋巴结或反应性增生的淋巴结弥散受限,DWI 均呈高信号,而 MR 增强扫描有助于判断淋巴结性质^[16],转移性淋巴结呈不均匀强化或环形强化^[17],反应性增生的淋巴结则以中度均匀强化为主。本研究总结既往研究经验,采用 MR 多模态成像技术,对患者盆腔内的淋巴结大小、形态、DWI 信号及 MR 增强表现进行综合分析,N 分期的准确率高于仅基于 MR 增强扫描的准确率^[4]。

本研究 MR 多模态成像辅助拟定手术方式符合率为 89.14%,拟定术式与实际术式的一致性较高,与既往研究相似^[4-5]。直肠癌肿瘤位置和术前分期是影响手术方式选择及肿瘤可切除性的重要因素,目前直肠癌最常使用的手术方式主要是 APR 术、LAR 术和 Hartmann 术。APR 术主要适用于低位直肠癌,无法保留肛门,需要永久性乙状结肠单腔造口^[9],直肠全系膜切除手术理念的提出使低位直肠癌保肛具有可行性^[18]。本研究中 MR 多模态成像辅助拟定行 APR 术的准确率为 96.94%,灵敏度及特异度亦较高。LAR 术适用于腹膜反折以上的中高位直肠癌,该术式可以保留肛门^[19],但需要二次行造瘘口还纳术。本研究 MR 多模态成像辅助拟定行 LAR 术的准确率、灵敏度及特异度均较高,但仍有 20 例患者因术中发现肿瘤距肛门距离太近、肠粘连严重或患者基础情况较差无法行 LAR 术,还有部分患者拒绝二次行造瘘口还纳术,因而改行 APR 或 Hartmann 术。Hartmann 术为姑息性手术方式,主要是切除肿瘤、近端结肠造瘘、远端封

闭术^[9]。本研究 MR 多模态成像辅助拟定行 Hartmann 术的准确率为 94.95%,特异度为 96.09%。经肛直肠病损切除术则适用于肿瘤位置距离肛缘<8 cm、直径<3 cm 的 T1N0 期高分化腺癌^[20]。本研究中仅有 14 例患者实际行经肛直肠病损切除术,MR 多模态成像辅助拟定经肛直肠病损切除术的特异度及准确率极高,灵敏度相对偏低,考虑与符合这种手术方式的病变相对较少以及手术适应证要求严格有关。

本研究具有一定局限性。首先,本研究为回顾性研究,仅收集未行术前辅助治疗的患者,导致 T4 期患者相对较少,日后可以继续扩大样本量,研究方向拓展至 MR 影像组学在术前 TN 分期中的应用研究。第二,本研究在模拟制定手术方式时没有考虑患者的基本情况及肠镜检查结果等,可能从一定程度上影响了拟定手术方式的准确性。第三,由于直肠在体内走行迂曲,测量肿瘤距肛缘的距离存在一定误差,下一步可对患者行 1 mm 层厚超薄层 MR 扫描检查,并行多平面重组提高测量准确性。

综上所述,MR 多模态成像检查对直肠癌术前 TN 分期诊断的准确性较高,可以辅助临床拟定合理的手术方式,对改善患者预后具有重要意义。

伦理批准和知情同意:本研究涉及的所有试验均已通过青岛大学附属医院医学伦理委员会的审核批准(文件号 QYFYWZLL27530)。所有试验过程均遵照《赫尔辛基宣言》的条例进行。受试对象或其亲属已经签署知情同意书。

作者声明:王国华、曲雪廷、张亮参与了研究设计;曲雪廷、李志明、张亮、姜和南、王国华参与了论文的写作和修改。所有作者均阅读并同意发表该论文,且均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] DAHLBÄCK C, KORSBAKKE K, ALSHIBIBY BERGMAN T, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging staging of tumour and nodal stage in rectal cancer treated by primary surgery: A population-based study[J]. *Colorectal Dis*, 2022, 24(9):1047-1053.
- [2] 鞠宜衡,张宪祥,郑龙波,等. 基于病理大切片的深度卷积神经网络对于直肠癌脉管癌栓的预测价值[J]. *精准医学杂志*, 2022, 37(2):131-136.
- [3] 陈邦飞,杨超颖,金纯,等. 高分辨 MRI 评估对低位直肠癌保肛手术中的意义及其疗效的影响[J]. *中华普通外科杂志*, 2020, 6(8):616-619.
- [4] 刘金玲,林吉征,苏晓,等. 高分辨率 MRI 动态增强扫描在直肠癌术前 TN 分期及手术方式选取中的应用[J]. *磁共振成像*, 2021, 12(1):38-42.

[8] DELFORCE S J, LUMBERS E R, ELLERY S J, et al. Dysregulation of the placental renin-angiotensin system in human fetal growth restriction[J]. *Reproduction*, 2019,158(3):237-245.

[9] BERESFORD S. Response to: Placental growth factor as an indicator of fetal growth restriction in late-onset small-for-gestational age pregnancies[J]. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*, 2018,58(6):E23-E24.

[10] LIN C J, SU C F, TSAI H J, et al. A large subchorionic placental cyst with thalassemia minor without fetal growth restriction[J]. *Taiwan J Obstet Gynecol*, 2018,57(1):161-162.

[11] 周厚姘,解丽梅,杨泽宇,等. 胎儿主动脉峡部血流指数在评估胎儿生长受限中的临床价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2018,34(10):898-900.

[12] BLYTHE C, VAZQUEZ R E Z, CABRERA M S, et al. Results of full postmortem examination in a cohort of clinically unexplained stillbirths: Undetected fetal growth restriction and placental insufficiency are prevalent findings[J]. *J Perinatol*, 2019,39(9):1196-1203.

[13] 卫汨,周建英. 超声联合 MRI 检查对胎盘植入诊断与病理的比较分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021,19(12):133-135.

[14] 钟淑媛,丁志广,徐坚民,等. 临床指标联合 MRI 评估胎盘植入高危患者术中子宫切除风险[J]. *磁共振成像*, 2021,12(5):35-39.

[15] RAFAELI-YEHUAI T, IMTERAT M, DOUVDEVANI A, et al. Maternal total cell-free DNA in preeclampsia and fetal growth restriction: Evidence of differences in maternal response to abnormal implantation[J]. *PLoS One*, 2018,13(7):e0200360.

[16] MATSUDA Y, ITOH T, ITOH H, et al. Impact of placental weight and fetal/placental weight ratio Z score on fetal growth and the perinatal outcome[J]. *Int J Med Sci*, 2018,15(5):484-491.

[17] 潘敏,李茹,韩瑾,等. 胎儿生长受限的产前分子细胞遗传学分析及临床意义[J]. *中华妇产科杂志*, 2020,55(9):633-636.

[18] 何承融,许芊芊,苏日娜,等. 妊娠期高血糖孕妇血糖控制水平对胎盘葡萄糖转运蛋白的影响[J]. *中华围产医学杂志*, 2021,24(9):651-657.

[19] 樊琦玮,黄宝梅,赵武华,等. MRI 不同扫描序列对胎盘植入患者诊断和分级评估的价值[J]. *中国妇幼保健*, 2021,36(4):935-937.

[20] 骆华丰,金航凯. MRI 不同成像序列对前置胎盘伴胎盘植入的诊断价值[J]. *中国妇幼保健*, 2021,36(6):1431-1434.

[21] 刘丽. 胎儿生长受限孕妇胎盘血流状态指标的变化及临床意义[J]. *山东医药*, 2021,61(13):81-83.

[22] 张亮平. 电针对 CCI 大鼠内侧面额叶皮质葡萄糖摄入量及葡萄糖转运体-3 表达的影响[D]. 福州:福建中医药大学, 2020.

(本文编辑 耿波 厉建强)

(上接第 150 页)

[5] 闫咪,杨青,范萍萍,等. 高分辨 MRI 在直肠癌 TN 分期及手术方式选择中的应用[J]. *中国医学影像技术*, 2017,33(S1):50-54.

[6] FERNANDES M C, GOLLUB M J, BROWN G. The importance of MRI for rectal cancer evaluation[J]. *Surg Oncol*, 2022,43:101739.

[7] OPARA C O, KHAN F Y, KABIRAJ D G, et al. The value of magnetic resonance imaging and endorectal ultrasound for the accurate preoperative T-staging of rectal cancer[J]. *Cureus*, 2022,14(10):e30499.

[8] XIA Y H, WANG L, WU Z Y, et al. Comparison of computed and acquired DWI in the assessment of rectal cancer: Image quality and preoperative staging[J]. *Front Oncol*, 2022,12:788731.

[9] 杨澎,朱宇. 低位和中高位直肠癌手术方式、并发症及预后比较[J]. *实用肿瘤杂志*, 2019,34(3):245-248.

[10] HORVAT N, PETKOVSKA I, GOLLUB M J. MR imaging of rectal cancer[J]. *Radiol Clin North Am*, 2018,56(5):751-774.

[11] TAYLOR F G, SWIFT R I, BLOMQUIST L, et al. A systematic approach to the interpretation of preoperative staging MRI for rectal cancer[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008,191(6):1827-1835.

[12] MERCURY STUDY GROUP, SHIHAB O C, TAYLOR F, et al. Relevance of magnetic resonance imaging-detected pelvic sidewall lymph node involvement in rectal cancer[J]. *Br J Surg*, 2011,98(12):1798-1804.

[13] 晋柏彬,向春锋,梁双,等. DCE-MRI 对直肠癌系膜内淋巴结转移诊断价值分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022,20(9):161-162,186.

[14] KIM J H, BEETS G L, KIM M J, et al. High-resolution MR imaging for nodal staging in rectal cancer: Are there any criteria in addition to the size? [J]. *Eur J Radiol*, 2004,52(1):78-83.

[15] ZHAO L, LIANG M, YANG Y, et al. Value of multiple models of diffusion-weighted imaging for improving the nodal staging of preoperatively node-negative rectal cancer[J]. *Abdom Radiol*, 2021,46(10):4548-4555.

[16] LAMBREGTS D M, BEETS G L, MAAS M, et al. Accuracy of gadofosveset-enhanced MRI for nodal staging and restaging in rectal cancer[J]. *Ann Surg*, 2011,253(3):539-545.

[17] 谢伟,靳二虎,马俊芳,等. 增强 MRI 诊断直肠癌淋巴结转移的价值[J]. *放射学实践*, 2013,28(5):547-550.

[18] BUJKO K, RUTKOWSKI A, CHANG G J, et al. Is the 1 cm rule of distal bowel resection margin in rectal cancer based on clinical evidence? A systematic review[J]. *Ann Surg Oncol*, 2012,19(3):801-808.

[19] LIM S, NAGAI Y, NOZAWA H, et al. Surgical outcomes of robotic, laparoscopic, and open low anterior resection after preoperative chemoradiotherapy for patients with advanced lower rectal cancer[J]. *Surg Today*, 2023,53(1):109-115.

[20] 韩加刚,王振军. 低位直肠癌保肛手术方式选择[J]. *中国实用外科杂志*, 2019,39(7):676-680.

(本文编辑 范睿心 厉建强)